

한강수질개선의 속성별 경제적 편익

— 컨조인트 분석법을 이용하여 —

조승국* · 신철오**

〈차 례〉

- | | |
|----------------------|----------|
| I. 서 론 | IV. 추정모형 |
| II. 연구방법론: 컨조인트 분석법 | V. 추정결과 |
| III. 실증연구절차와 방법론적 기준 | VI. 결 론 |

I. 서 론

지난 수십 년간 한강의 수질문제는 한국 사회의 중요한 이슈 중의 하나로 대두되어 왔다. 수도 서울을 관통하면서 수도권 지역의 자연환경과 생활환경에 중요한 역할을 하고 있다는 점에서 한강이 지니는 사회·경제적 의미는 매우 크다고 할 수 있다. 특히, 한강은 상수원으로서 중요할 뿐만 아니라 서울시민들에게 휴식과 여가 공간을 제공하고 있고, 철새 도래지 및 수생자원 서식지 등의 생태학

* 한세대학교 경영학과 부교수 (제1저자).

** 한세대학교 경영학과 전임강사 (교신저자).

적 기능까지 갖고 있다(정의근 외, 2002). 또한 한강 강변의 10개소에 이르는 시민 공원지구 구성에 따른 한강 접근성의 향상은 한강수질의 양호한 관리와 유지의 필요성을 더욱 증가시키고 있는 실정이다.

그러나 한강수질개선을 위한 각종 부담금의 징수 및 상류지역에 대한 환경기초시설의 설치·운영에도 불구하고 주요 취수지역인 잠실지역의 수질은 지난 2000년 BOD 1.5ppm에서 2001년 BOD 1.8ppm으로 악화된 바 있다(김재민 외, 2002). 이에 따라 한강의 수질개선을 제고하기 위한 국가와 지방자치단체 차원의 노력이 집중적으로 이루어지고 있고, 앞으로도 지속될 전망이다.

본 논문에서는 이와 같은 한강수질개선의 영향을 다양한 속성들로 파악하고 한강수질개선에 따른 속성별 경제적 편익의 크기를 어떻게 측정할 것인가를 논의하고자 한다. 이를 위해 본 연구에서는 다양한 수질오염영향들의 피해완화 내지는 개선을 위한 지불의사액(willingness to pay: WTP)을 근거로 하는 피해비용접근법(damage cost approach)의 입장에서 최근 환경가치 측정분야에서 활발히 연구되고 있는 컨조인트(conjoint) 분석을 활용하고자 한다.¹⁾ 컨조인트 분석은 응답자들에게 환경의 여러 속성들과 가격 간의 상충관계를 고려하게 함으로써 소비자의 선호에 근거한 속성별 화폐가치를 구하는 방법론이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제Ⅱ장에서는 본 연구에서 사용하는 컨조인트 분석법에 대해 간략히 설명한다. 제Ⅲ장에서는 실증연구의 절차와 방법론적 기준들을 다루며, 제Ⅳ장에서는 한강수질개선과 관련된 환경영향의 속성별 가치를 측정하기 위한 추정모형에 대해 설명한다. 제Ⅴ장에서는 추정결과를 설명하고, 제Ⅵ장에서는 연구결과를 요약하고 도출된 결과의 유용성과 정책적 함의를 제시한다.

1) 환경개선에 따른 편익의 측정이나 환경비용의 측정은 일반적으로 제어비용 접근법(control cost approach)과 피해비용 접근법(damage cost approach)을 이용한다. 제어비용 접근법은 환경비용의 크기를 오염의 악화를 억제하기 위한 제어비용과 동일하다고 보고, 이러한 제어비용을 환경비용으로 간주하는 방법이다. 피해비용 접근법은 오염의 환경비용이 오염악화로 인한 피해비용과 같다는 가정에서 출발하고 있으며, 조건부 가치측정법(contingent valuation method: CVM), 헤도닉 가격기법(hedonic price method: HPM) 등의 비시장재(nonmarket goods) 가치측정방법론이 이에 속한다(유승훈 외, 1999).

II. 연구방법론 : 컨조인트 분석법

시장가격이 존재하지 않는 비시장재화에 대한 가치추정의 필요성은 항상 제기되어 왔다고 볼 수 있다. 이를 해결하기 위해 일반적으로 진술선호기법(stated preference technique)이 활발하게 사용되어 왔으며, 특히 조건부 가치 측정법(contingent valuation method: CVM)은 비시장재의 사용가치와 비사용가치에 대한 WTP를 측정하는데 널리 이용되어 왔다(Kwak and Russell, 1994). 그러나 CVM은 가치측정대상이 단일 속성으로 이루어져 있거나 현재상태에 대한 특정 대안의 평가를 목적으로 하기 때문에, 가치측정대상이 여러 속성들을 갖고 있거나 다수의 대안들을 평가하는 상황에서는 그 적용이 용이하지 않다는 점이 지적되고 있다(Streever *et al.*, 1998).

이러한 CVM의 단점을 개선한 컨조인트 분석법은 상충관계에 놓여 있는 응답자의 선호체계에 초점을 둔 지불의사 유도방법으로서 다중속성(multiple attributes)으로 구성된 환경영향의 속성들과 응답자의 지불의사액 간의 상충관계들을 동시에 추정할 수 있다(Mackenzie, 1993; Adamowicz *et al.*, 1994).

컨조인트 분석법은 지불의사 유도방법에 따라 조건부 선택법(contingent choice method),²⁾ 조건부 순위결정법(contingent ranking method),³⁾ 조건부 등급결정법(contingent rating method)⁴⁾ 등 크게 세 가지로 구분될 수 있다. 여기서 조건부 순위결정법은 상충관계에 있는 다양한 대안들의 순위를 결정하

2) 조건부 선택법은 응답자에게 다양한 환경영향의 속성들과 지불의사액으로 구성된 2개 이상의 가상적 대안들을 제시하고 응답자가 자신의 예산제약 하에서 가장 선호하는 대안을 선택하게 함으로써 화폐가치를 측정한다.

3) 조건부 순위결정법에서는 응답자들로 하여금 제시된 가상대안들에 대한 그들의 선호를 숫자로 된 척도에 근거하여 표현하도록 질문하게 된다.

4) 조건부 등급결정법은 좀더 엄밀하고 정확한 정보를 얻기 위하여 가상순위법에서 순위가 결정된 대안들에 대하여 그 중요도에 따라 최소 1점부터 최대 10점까지 점수를 부여하도록 하는 방법이다.

는 것이 응답자들에게 지나친 부담을 줄 수도 있다는 문제점이 지적되고 있다. 또한 조건부 순위결정법은 선택 대안간의 무차별 문제를 해결할 수 없다는 단점이 있다. Mackenzie (1993)는 조건부 등급결정법이 선호에 대한 정보를 가장 많이 설명할 수 있으므로 가장 효율적이라고 주장하였지만 조건부 등급결정법 역시 대안의 크기가 커질수록 순위선정의 오류로 인해 응답자의 부담이 커진다는 한계가 있다. 한편 조건부 선택법은 그 이론적 배경이 확률효용모형(random utility model)에 근거할 뿐만 아니라, 질문에 대한 응답자의 반응이 시장에서의 소비자 선택행위와 유사하기 때문에 질문방식에 있어 다른 방법들보다 더 현실적이다(Adamowicz *et al.*, 1994).

컨조인트 분석법은 Louviere (1988b)에 의해 개발되어 지금까지 마케팅, 교통, 심리학 분야에서 널리 적용되어 왔다(Louviere, 1988a; Hensher, 1994). 또한 Adamowicz *et al.* (1994)에 의해 이 기법이 환경가치 측정분야에 처음으로 적용된 이후 최근 그 적용사례가 꾸준히 증가하고 있고, 대부분의 연구자들은 컨조인트 분석법의 적용결과에 대해 긍정적인 평가를 내리고 있다(Diener *et al.*, 1998; Hanley *et al.*, 1998; Hearne and Salinas, 2002; Mallawaarachchi *et al.*, 2001; Morrison *et al.*, 2002).

Ⅲ. 실증연구절차와 방법론적 기준

일반적으로 컨조인트 분석법의 적용은 다음과 같이 여섯 단계를 거치게 된다. 우선 1단계에서는 가치를 측정하고자 하는 연구대상 환경재를 설정하고, 2단계에서는 응답자가 이해하기 쉽고 측정이 가능한 환경속성 및 지불수단을 선정하고 각 속성에 대한 속성 수준을 결정한다. 이어서 3단계에서는 2단계에서 결정된 여러 속성들로 구성된 개별 선택대안집합에 대해 모형의 추정이 가능하도록 하는 최소 선택대안집합을 실험계획법을 수행하여 도출한다. 4단계에서는 설문

지를 작성하고 보완하는 단계이다. 5단계에서는 현장 설문조사를 실행하여 응답자로부터 의미 있는 자료를 수집한다. 마지막으로 6단계는 얻어진 자료를 취합·분석하여 필요한 정보를 도출하는 단계이다.

1. 가치측정대상

현재 한강수질에 대한 서울시민들의 관심은 점증하고 있고 엄청난 재원을 들인 정책당국의 지속적 수질개선 노력이 이루어지고 있는 상황이다. 여기서 실행 가능하고, 서울시민들이 수용할 수 있으며, 정책 결정자에게 유연하면서도 합리적인 정책대안을 제시하기 위해서는 한강수질을 구성하는 여러 가지 영향들에 대한 속성별 화폐가치를 파악할 필요가 있다. 왜냐하면 수질을 평가하는 영향들은 다양하게 존재하며 또한 개별적인 속성들의 수준 역시 다양하기 때문에 수질개선 노력을 속성별, 수준별로 나타내는 것이 필요하고 나아가 속성별 수질개선 정도의 경제적 가치를 파악하여 정책집행의 합리성과 정당성을 확인하는 것이 필요하기 때문이다. 그런데 CVM에서와 같이 제시된 특정의 가상적인 상황에 대한 평가를 통해서 이러한 목적을 달성하기 어렵다고 할 수 있다. 따라서 본 연구는 여러 속성들과 수준들로 이루어진 다양한 수질개선 정책의 대안들을 가상적으로 설정하고 이 대안들의 평가를 통하여 속성별 경제적 가치들을 측정하고자 한다.

2. 환경영향의 속성과 지불수단

서울시민들이 쉽게 인식할 수 있도록 한강수질을 구성하는 속성들을 합리적으로 식별하기 위해 먼저 국내외 문헌에 근거하여 예비 속성들을 선정한 후, 전문가 집단을 대상으로 1차 수정을 하였다. 다음으로 일반 응답자들을 대상으로 사전조사(focus group pretest)를 통해 2차 수정이 이루어졌다.⁵⁾ 이 과정에서 다음과 같은 5개의 원칙을 적용하였다. 첫째, 속성은 서로 독립(independent)

<표 1> 한강수질의 속성과 평가단위 및 속성 수준

속 성	속성평가단위	영 향 수 준			
여가·관광에 미치는 영향	한강수질에 따른 여가활동 여부	낚시, 산책	낚시, 산책, 보트타기, 윈드서핑	낚시, 산책, 보트타기, 윈드서핑, 수영	
생태계에 미치는 영향	지표종 출현 여부	한강수질 3급수지표종 서식	한강수질 2급수 지표종 서식	한강수질 1급수 지표종 서식	
가 격	추가적인 연간 지불의사액(원)	0원	2,500원	5,000원	10,000원

이거나 이에 근접해야 한다. 둘째, 가능하면 속성의 수는 적어야 하는데, 8개를 넘지 않는 것이 바람직하다(Phelps and Shanteau, 1978). 셋째, 속성은 쉬운 설명과 사진, 도표, 삽화와 같은 시각적 도구로 묘사되어야 한다. 넷째, 속성은 과학적으로 의미가 있어야 한다. 즉, 어떠한 중요한 사실도 누락되어서는 안 되며, 마지막으로 각 속성은 한강수질을 평가하는 사람들에게 의미가 있어야 하고 사람들의 이성과 관계가 있어야 한다.

위와 같은 절차를 적용한 결과 <표 1>과 같이 여가·관광에 미치는 영향, 생태계에 미치는 영향, 가격 등 세 가지의 수질속성을 식별하였다.⁵⁾ 그리고 가격속성은 가구당 수도요금을 통한 월 지불의사액(WTP)으로 정하였다. 각 가격 수준은 사전조사(pretest)에서 무작위로 추출된 30명의 응답자를 대상으로 지불의사액(WTP)에 대한 개방형 질문(open ended question)을 통해 도출되었다. 4개의 수준을 가진 가격속성을 제외한 개별 수질오염 환경영향속성들은 모두 3개의 수준을 갖게 하였다. 각 수준은 광범위한 문헌조사와 관련 전문가 자문을 통해 결정되었다. 각 속성에서 가장 낮은 수준은 현재상태를 의미하며 나머지 2개의 수준은 현재상태로부터의 순차적 개선을 의미한다.

5) 사전조사를 한 소규모 관심집단은 무작위로 추출되었고 30명으로 구성되었다.

6) 서울시민을 대상으로 서울시 행정구역 내에 있는 한강수질의 속성들을 조사하였기 때문에 서울시를 벗어나는 한강의 상수원으로서의 속성은 제외하였다.

3. 선택대안집합의 설계

컨조인트 분석법은 자료생성 과정(data generating process)을 필수적으로 거쳐야 한다. 이 과정은 여러 속성들로 구성된 선택대안들이 응답자의 선택확률에 영향을 주도록 선택대안집합(choice sets)을 설계하는 것이며, 주의 깊게 고안된 실험계획법에 의존한다. 즉, 컨조인트 분석법은 다른 선택대안에 의해 변하지 않는 모수 추정치를 얻게 해주는 선택대안집합들을 유도하는데 있어 통계적인 설계이론을 이용한다. 본 연구는 선택행위에 대한 개별 속성들의 효과들을 분리해 내기 위해 개별 속성들간의 직교성(orthogonality)을 보장해 주는 주효과 직교설계(orthogonal main effects design) 방법을 이용하였다. 이러한 직교설계방법은 실제분석에서 속성들간의 높은 상관관계가 문제가 되는 현시선표 확률효용모형의 단점을 개선해 준다(Hanley *et al.*, 1998).

본 연구에서는 앞서와 같이 3개의 수준을 가진 2개의 속성들(여가·관광에 미치는 영향, 생태계에 미치는 영향)과 4개의 수준을 가진 가격속성을 상징하였다. 컨조인트 분석법 질문에서 응답자들은 일반적으로 여러 개의 선택대안들에 직면하게 된다. 본 연구에서는 고정된 현재 상태의 대안(대안 3)과 수질 개선을 나타내는 2개의 추가적 대안들(대안 1과 대안 2)이 존재한다. 이 경우 선택대안 집합을 구성하기 위해 환경영향속성들과 가격속성의 수준들을 결합하면 총 $3^2 \times 4 \times 3^2 \times 4$ 개의 가능한 선택대안들이 존재한다. 그러나 응답자들에게 모든 선택대안들을 질문하는 것은 비현실적이기 때문에 직교설계(orthogonal design)를 수행하여 모형의 추정이 가능하도록 하는 최소 선택대안집합을 전체선택대안집합으로부터 도출하였다.⁷⁾ 그 결과 직교설계로부터 36개의 선택대안집합이 도출되었고, 이것은 현재상태를 포함하여 한 블록에 6개의 질문을 포함하도록 임의표본추출을 통해 6개의 블록으로 배분되었다.

7) 직교설계를 수행하기 위하여 SAS 8.1 프로그램을 사용하였다.

〈그림 1〉 실제 설문에 사용된 선택대안의 예시

차레 : 1 (식별번호=1)	대안 1	대안 2	현재 상태
여가와 관광활동 수준	수영, 윈드서핑, 보트, 산책, 낚시	낚시, 산책	낚시, 산책
1, 2, 3 급수 지표종 출현 여부	한강수질 2급수 지표종	한강수질 1급수 지표종	한강수질 3급수 지표종
개선을 위한 연간 지불의사액	10,000원	2,500원	0원
	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃

〈그림 1〉은 실제 설문에 사용된 하나의 선택대안집합을 보여주고 있다. 모든 응답자들은 <표 1>에 제시된 속성들의 다양한 수준들로 정의된 2개의 선택 대안과 현재의 속성 수준들로 정의된 대안 등 총 3개 대안 중에서 가장 선호하는 1개의 대안을 선택하도록 질문을 받는다.

4. 설문지 작성

개별 질문들에 대한 응답자의 반응을 검증하고 보다 나은 이해를 도모하기 위해 사전조사를 시행하였고, 이를 통해 설문지를 수정하였다. 최종설문지는 가능한 쉽고, 짧고, 압축된 형태로 작성되었고, 크게 세 부분으로 구성되었다. 첫 번째 부분은 수질오염에 대한 응답자들의 일반적 태도를 묻고 있다. 또한 켄조인트 분석법 질문을 하기 전에 응답자들이 평가 대상인 수질오염영향의 속성들에 익숙해지고, 개별 속성들과 관련된 그들의 과거 경험을 상기시키기 위해 수질에 관련된 속성들을 자세하게 설명하였다. 두 번째 부분에는 개별 속성들과 가격속성 간의 상충관계를 고려하면서 수질영향들을 완화시키기 위한 응답자들의 속성별 WTP를 이끌어내기 위한 켄조인트 분석법 질문들이 제시되었다. 마지막으로 세 번째 부분은 응답자의 연령, 성별, 소득 등 사회·경제적 변수에 대한 질문을 포함하고 있다.

5. 표본설계와 설문조사방법

본 연구의 대상지역은 서울에 한정하였으며, 가구조사의 특성을 고려하여 설문대상은 서울시에 거주하는 만 20세 이상 65세 미만의 세대주를 대상으로 하였다. 설문은 지난 2004년 3월 한 달간 이루어졌으며, 서울시 전체인구를 대표할 수 있는 표본을 얻기 위하여 각 구의 인구비율을 고려하여 각 나이와 성(sex)의 비율에 맞게 표본 수를 할당하였고, 전문여론조사기관을 통해 임의표본(random sample)을 추출하였다.

또한 컨조인트 분석 연구의 특성상 다양한 수준을 가진 개별 속성들과 가격 속성 간의 상충관계를 정확하게 묘사하기 위해 일대일 면접방식으로 조사를 진행하였다. 아울러 인터뷰 끝에 응답자의 전화번호를 물어 임의로 추출된 가구에 대해 설문 감독자들은 조사원들이 면접을 제대로 하였는지 확인하였고, 몇 가지 질문을 다시 해서 응답자의 대답이 일관성이 있는지 점검하였으며, 응답이 빠진 항목에 대해서는 다시 질문하여 답을 얻었다. 면접 조사원들은 시장조사 경험을 상당히 갖고 있었지만 본 조사의 특성을 감안하여 설문 직전 조사원들에게 설문내용과 보조자료의 사용법 등을 교육시켰다.

IV. 추정모형

1. 확률효용모형

컨조인트 분석법은 CVM에서와 마찬가지로 수질오염의 영향을 완화하기 위한 각 응답자들의 속성별 WTP를 추정하기 위해 확률효용모형(random utility model)을 이용하여 정형화될 수 있다. McFadden (1974)에 의해 개발된 다항로짓모형(multinomial logit model)은 수질개선에 의한 개별 속성들이 어떻게 응

답자의 선택확률에 영향을 주는지를 모형화하는데 있어 통계적인 체계를 제공한다. 다중로짓모형은 선택행위들이 관련 없는 대안들로부터의 독립성(independence from irrelevant alternatives: IIA)을 따른다고 가정한다. 즉, 이것은 “한 개인이 어느 두 선택대안에 대한 선택확률의 비율은 전혀 또 다른 선택대안에 의해 영향을 받지 않는다.”는 것을 의미한다. 이 모형에서 가장 기본이 되는 것은 개별 응답자의 간접효용함수이다. 응답자 i 가 선택대안집합 C_i 내의 한 선택대안 j 로부터 얻는 간접효용함수는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$U_{ij} = V_{ij}(Z_{ij}, S_i) + e_{ij} \quad (1)$$

여기서 V_{ij} 는 관측이 가능한 정형화된(deterministic) 부분으로 현재의 선택대안과 가상의 선택대안들의 속성들 (Z_{ij})과 개별 응답자들의 특성치들 (S_i)의 함수이다. e_{ij} 는 관측이 불가능한 확률적(stochastic) 부분이다. 응답자 i 가 선택대안집합 C_i 내의 모든 선택대안들에 대해 $U_{ij} > U_{ik} (k \in C_i, k \neq j)$ 을 만족한다면, 선택대안 j 를 선택할 것이다. 이 때 응답자 i 가 선택대안 j 를 선택할 확률은 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} \Pr_i(j|C_i) &= \Pr\{V_{ij} + e_{ij} > V_{ik} + e_{ik}\} \\ &= \Pr\{V_{ij} - V_{ik} > e_{ik} - e_{ij}\} \end{aligned} \quad (2)$$

식 (2)를 추정하기 위해서는 다항로짓모형 하에서 오차항의 분포는 통상 독립적(independent)이며 일치적(identical)인 제 I 형태 극치 분포(Type I extreme value distribution)를 따른다고 가정된다(McFadden, 1974). 이 경우 응답자 i 가 선택대안 j 를 선택할 확률은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\Pr_i(j|C_i) = \frac{\exp(V_{ij})}{\sum_{k \in C_i} \exp(V_{ik})} \quad (3)$$

컨조인트 분석법 질문으로부터 얻어진 각 응답자의 다변량 응답(multinomial response)은 응답자의 효용극대화(utility maximization)를 위한 선택결과로서 해석될 수 있다. 본 연구에서의 컨조인트 분석법 질문은 응답자에게 3개의 대안들을 제시하고, 응답자가 주어진 대안들에서의 속성들과 가격속성 사이의 상충관계를 고려하여 3개의 대안들 중 1개의 대안을 선택하도록 하고 있다. 이 때 컨조인트 분석법 질문에 직면한 개별 응답자 $i = 1, \dots, N$ 의 선택대안 j 에 대한 선택결과는 '예' 또는 '아니오'가 된다. 따라서 로그-우도함수는 다음과 같이 표현된다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^3 \{ Y_{ij} \cdot \ln[\text{Pr}_i(j|C_i)] \} \quad (4)$$

여기에서 $Y_{ij} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자가 } j\text{번째 대안을 선택})$ 이며, $\mathbf{1}(\cdot)$ 는 지시함수(indicator function)이다. 즉, $\mathbf{1}(\cdot)$ 는 i 번째 응답자가 j 번째 선택대안을 선택하였다면 1을 취하고, 그렇지 않으면 0을 취한다. 식 (4)의 로그우도함수(log-likelihood function)에 최우추정법을 적용하면 필요한 모수들의 값이 추정된다(Stern, 1997).

2. 지불의사액 모형

본 연구에서는 수질오염영향을 완화하기 위한 속성별 가구당 월 한계 지불의사액(marginal willingness to pay: MWTP)을 도출하기 위해 다음과 같은 지불의사액 모형을 설정하였다. 즉, 응답자의 개별 속성에 대한 한계효용이 모든 속성 수준에서 일정하다는 제약 하에 소득 공변량을 포함하지 않는 모형을 설정하였다.

소득 공변량을 포함하지 않는 모형에서는 간접효용함수의 관측 가능한 부분인 V_{ij} 가 상수항이 없는 속성벡터 $Z = (Z_1, Z_2, Z_3) = (\text{LEISURE}, \text{BIO}, \text{PRICE})$ 의 선형함수로 표현된다.⁸⁾

$$V_{ij} = \beta_1 Z_{1,ij} + \beta_2 Z_{2,ij} + \beta_3 Z_{3,ij} \quad (5)$$

여기서 LEISURE는 여가 및 관광에 미치는 영향, BIO는 생태계에 미치는 영향, PRICE는 가격을 의미하고, β_1 , β_2 , β_3 는 응답자의 효용에 영향을 미치는 개별 속성들에 대한 추정계수들이다. 이 때 개별 속성들의 현재 수준으로부터 한 단위 증가(개선)에 대한 MWTP는 식 (5)를 전미분함으로써 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} MWTP_{z_1} &= dZ_3/dZ_1 = -\beta_1/\beta_3 \\ MWTP_{z_2} &= dZ_3/dZ_2 = -\beta_2/\beta_3 \end{aligned} \quad (6)$$

V. 추정결과

본 연구의 설문조사는 2004년 3월에 한 달간 실시되었으며, 서울시민 250명의 응답자에 대한 설문조사 결과 총 1,500(250×6)개의 사용 가능한 자료를 얻을 수 있었다.

컨조인트 설문에 앞서 서울시민들이 느끼는 한강수질문제에 대한 주관적인 관심과 태도를 살펴보기 위해 몇 가지 질문을 실시하였는데 응답자의 58%가 “한강둔치나 공원을 방문했을 때 한강수질의 상태에 대해 불쾌하게 생각한 적이 있다.”고 응답하였으며, 54%는 “한강수질의 개선을 위한 서울시의 노력이나 생태계 복원에 대한 내용을 알고 있다.”고 답하였다. 또한 15%의 응답자들은 “평소에 한강주변에서 운동이나 산책을 즐기는 편”이라고 답하였으며, “수돗물을 끓여서 식수로 이용한다.”는 응답자는 44%인 111명으로 나타났다.

8) 추정 절차에서의 특이성(singularity) 문제를 회피하기 위해 상수항은 추정모형에서 제외되어야 한다(Greene, 2000). 이러한 특이성(singularity) 문제는 분석자료에서 상수항이 여러 선택대안들에 대해 동일하기 때문에 발생한다.

1. 지불의사액의 추정

<표 2>에는 식 (5)를 추정한 결과가 제시되어 있다. Wald-통계량에 따라 판단하면 모든 추정계수가 0이라는 귀무가설은 유의 수준 1%에서 기각되어 추정된 방정식은 통계적으로 유의하다는 것을 알 수 있다. 그리고 간접효용함수에 포함된 개별 속성에 대한 추정계수(β)는 모두 유의 수준 1%에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 또한 추정된 계수의 부호 역시 사전적인 예측과 정확하게 일치하는 것을 알 수 있다. 예를 들어, 관광·여가에 대한 계수가 양(+)의 부호를 갖는 것은 한강에서 즐길 수 있는 관광·여가에 대한 수준이 높아질수록 응답자의 효용이 증가하는 것을 나타내며, 반면 가격에 대한 계수가 음(-)의 부호를 갖는 것은 가격 수준의 증가가 응답자의 효용을 감소시킨다는 것을 의미한다.

<표 2> 모형의 추정결과

변 수 명	추정계수 (<i>t</i> -통계량)
LEISURE	0.347 (6.19)**
BIO	0.383 (6.71)**
PRICE	-0.200 (-14.15)**
로그-우도값(log-likelihood)	-1,040.72
Wald-통계량 ^a	202.96
(<i>p</i> -value)	(0.000)

주: 1) Wald-통계량에 대한 귀무가설은 모든 추정계수가 0이라는 것으로 이에 대응하는 *p*-value가 통계량 아래의 괄호 안에 제시되어 있음.

2) **는 유의 수준 1%에서 통계적으로 유의함을 의미함.

추정결과의 통계적 유의성과 추정계수 부호의 적절성 등을 종합적으로 고려할 때, 응답자들은 컨조인트 분석에서 제시되었던 가상적인 상황의 설정에 효과적으로 반응한 것으로 나타났다. 아울러 3개의 대안 중에서 1개의 대안을 선택하도록 요구되었던 가치판단의 작업을 잘 받아들였으며 무리 없이 수행하였다고 판단된다. 이러한 점들은 본 연구결과를 정책적으로 해석하고 활용하는데 있어서 타당성을 제공해 준다고 볼 수 있다.

2. 수질속성별 한계지불의사액 추정

개별 속성의 보다 덜 선호되는 수준으로부터 한 단위 개선을 얻기 위한 응답자의 평균적 MWTP는 식 (6)을 이용하여 계산할 수 있으며, 한강수질의 개선을 위한 개별 속성들에 대한 MWTP 추정치들은 <표 3>에 제시되어 있다. 예를 들어, 한강수질을 개선하여 여가·관광을 보다 높은 수준에서 누리기 위한

<표 3> 속성별 MWTP 추정결과

속 성	MWTP 추정치(원) (<i>t</i> -통계량) [95% 신뢰구간(원)]
여가·관광에 미치는 영향	1,753 (6.756)** [3,640~5,337]
생태계에 미치는 영향	1,915 (7.351)** [3,079~4,706]

- 주: 1) *t*-통계량은 델타법(delta method)을 사용하여 계산하였으며, **는 유의 수준 1%에서 통계적으로 유의함을 의미함.
 2) 신뢰구간은 Krinsky and Robb(1986)과 Park *et al.*(1991)이 제안한 몬테칼로 시뮬레이션 기법을 이용하여 계산하되 재표본추출의 횟수는 5,000회로 하였음.
 3) 여가·관광에 미치는 영향과 생태계에 미치는 영향의 MWTP 추정치는 <표 1>에서 나타난 현재 수준에서 각각 한 단계씩 수준을 상승시켰을 때의 추정치를 의미함.

가구당 월평균 MWTP는 1,753원이며, 이 MWTP의 t -통계량은 6.756인 것을 알 수 있다. t -통계량에 의하면 각 속성별 MWTP는 유의 수준 1%에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

나아가 본 연구에서는 개별 속성들의 MWTP에 대한 하나의 추정치만을 제시하는데서 그치지 않고 점추정치 계산에 결부된 불확실성을 보다 현실적으로 반영하기 위해 점추정치에 대한 신뢰구간을 제시하였다. 개별 속성들에 대한 MWTP 추정치의 95% 신뢰구간을 계산하기 위하여 Krinsky and Robb (1986)과 Park *et al.* (1991)이 제안한 몬테칼로 모의실험(Monte Carlo simulation)을 이용하였다.⁹⁾ 이렇게 계산된 신뢰구간은 <표 3>에 제시된 것과 같이 여가 및 관광 속성이 3,640에서 5,337원 수준이며, 생태계 속성이 3,079원에서 4,706원 수준인 것을 알 수 있다.

3. 수질속성에 대한 환경비용 추정

앞서 도출한 결과를 통하여 한강수질의 개선을 위한 연간 가구당 WTP를 계산할 수 있으며, 이를 서울시 전체로 확장할 수 있다. 예를 들어, 여가 및 관광 속성을 최고의 수준으로 개선하기 위한 가구당 월평균 WTP는 약 3,506원, 생태계 속성을 최고의 수준으로 개선하기 위해서는 약 3,830원, 총 약 7,336원이 필요하게 된다.¹⁰⁾ 이와 같은 WTP의 크기는 다른 측면에서 판단하면 수질악화에 따른 환경비용으로도 볼 수 있다.

9) 몬테칼로 시뮬레이션 방법의 절차는 다음과 같다. 추정된 다중로짓모형으로부터 얻어진 모수 추정치들과 분산-공분산 행렬과 같은 다변량 정규분포로부터 5,000회 복원추출을 하여 5,000개의 모의(simulated) MWTP들을 계산한 후, 이 값들을 따르는 분포에서 양끝의 2.5%에 해당하는 관측치들을 제외시킨다.

10) 한강수질 개선에 따른 편익의 크기를 측정할 이전 연구로는 신영철(1997)과 이기호·곽승준(1996)을 들 수 있다. 신영철(1997)에서는 양분선택형 질문을 이용한 CVM 기법을 활용하여 가구당 월평균 7,100원의 지불의사를 확인하였으며, 이기호·곽승준(1996)에서는 마찬가지로 CVM 기법을 통하여 5,931원의 지불의사를 도출한 바 있다.

또한 한강수질개선에 따른 연평균 경제적 편익의 크기는 응답 가구당 월평균 WTP에 12(월)를 곱한 후, 여기에 서울시의 전체 가구 수를 곱하여 계산할 수 있다. 2000년 서울시 전체 가구 수는 308만 5,976가구(통계청, 2000)에 해당하므로 이렇게 계산된 수질개선 정책의 시행에 따른 연평균 경제적 편익은 평균적으로 약 2조 7,500억 원에 달하게 된다.

VI. 결 론

본 논문에서는 한강수질의 개선을 통해 얻을 수 있는 속성별 경제적 편익의 크기가 얼마인지 살펴보았다. 이를 위해 응답자의 WTP와 가치평가 대상의 다양한 속성들을 동시적으로 고려할 수 있는 컨조인트 분석법을 활용하였다. 한강수질에 대해 여가·관광, 서식하는 지표종, 가격의 세 가지 속성으로 구분하고 서울시민들을 대상으로 실제조사를 실시하였다. 분석결과 여가·관광속성을 한 단계 증가시키는 것에 대한 지불의사액은 1,735원, 서식하는 생물종의 다양성을 더 확보하는데 대한 지불의사액은 1,915원으로 나타났다. 뿐만 아니라 한강수질 개선에 따른 서울시 전체의 연평균 경제적 편익의 크기는 약 2조 7,500억 원에 달하는 것으로 나타났다.

이러한 결론은 추후 한강수질 개선을 위한 정책들을 고려할 때 중요한 의의를 갖는 것으로 판단된다. 앞으로 서울시의 여러 수질개선 정책들을 통해 보다 높은 수준으로 수질개선이 이루어지고 그 결과 서울시민들의 여가활용이 제고되고 서식종이 다양해진다면 그로 인해 얻을 수 있는 정량적인 편익에 대한 정보를 본 연구를 통해 얻을 수 있게 될 것이다.

◎ 참고 문헌 ◎

1. 김재민 · 이종혁 · 장광수 · 김학춘 · 이경택 · 정형석, “잠실상수원 수질개선방안에 대한 연구,” 「새서울터전」, 제9권, 제1호, 2002, pp. 51~63.
2. 신영철, “단일 양분선택형 질문 CVM을 이용한 한강수질개선 편익측정,” 「공공경제」, 제2권, 1997, pp. 70~93.
3. 유승훈 · 박승준 · 김태유, “서울시 대기질 속성의 가치측정: 다속성 효용이론에 근거한 조건부 가치측정법,” 「환경경제연구」, 제7권, 제2호, 1999, pp. 243~270.
4. 이기호 · 박승준, “수질개선의 화폐적 가치: CVM과 비구분 효과,” 「환경경제연구」, 제6권, 제1호, 1996, pp. 171~192.
5. 정의근 · 서미연 · 길혜경 · 김린태 · 어수미 · 배경석, “한강분류의 수질오염도 조사연구,” 「서울특별시보건환경연구원보」, 제38권, 2002, pp. 395~402.
6. 통계청, 「통계연보」, 2000.
7. Adamowicz, W., J. Louviere and M. Williams, “Combining Revealed and Stated Preference Methods for Valuing Environmental Amenities,” *Journal of Environmental and Economics Management*, Vol. 26, 1994, pp. 271~292.
8. Diener, A. A., R. A. Muller and A. L. Robb, “Willingness-to-Pay for Improved Air Quality in Hamilton-Wentworth: A Choice Experiment,” Hamilton, Ontario, Working Paper, Department of Economics, McMaster University, 1998.
9. Greene, W. H., *Econometric Analysis*, London, Prentice Hall International, 2000.
10. Hanley, N., R. E. Wright and W. Adamowicz, “Using Choice Experiments to Value the Environment,” *Environmental and Resource Economics*, Vol. 11, 1998, pp. 413~428.
11. Hearne, R. R. and Z. M. Salinas, “The Use of Choice Experiments in the Analysis of Tourist Preferences for Ecotourism Development in Costa Rica,” *Journal of Environmental Management*, Vol. 65, 2002, pp. 153~163.
12. Hensher, D. A., “Stated Preference Analysis of Travel Choices: The State of Practice,” *Transportation*, Vol. 21, 1994, pp. 107~133.
13. Kwak, S. J. and C. S. Russell, “Contingent Valuation in Korean Environmental Planning: A Pilot Application to the Protection of Drinking Water Quality in Seoul,”

- Environmental and Resource Economics*, 4(4), 1994, pp. 511~526.
14. Krinsky, I. and A. Robb, "On Approximating the Statistical Properties of Elasticities," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 68, 1986, pp. 715~719.
 15. Louviere, J. J., "Conjoint Analysis Modeling of Stated Preferences: A Review of Theory, Methods, Recent Developments and External Validity," *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 10, 1988a, pp. 93~119.
 16. _____, *Analyzing Decision Making: Metric Conjoint Analysis*, California, USA: Sage Publications, 1988b.
 17. Mackenzie, J., "A Comparison of Contingent Preference Models," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 75, 1993, pp. 593~603.
 18. Mallawaarachchi, T., R. K. Blamey, M. D. Morrison, A. K. L. Johnson and J. W. Bennett, "Community Values for Environmental Protection in a Cane Farming Catchment in Northern Australia: A Choice Modeling Study," *Journal of Environmental Management*, Vol. 62, 2001, pp. 301~316.
 19. McFadden, D., Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior, in P. Zarembka, ed., *Frontiers in Econometrics*, New York: Academic Press, 1974.
 20. Morrison, M., J. W. Bennett, R. K. Blamey and J. Louviere, "Choice Modeling and Tests of Benefit Transfer," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 84, No. 1, 2002, pp. 161~170.
 21. Park, T., J. B. Loomis and M. Creel, "Confidence Intervals for Evaluating Benefits from Dichotomous Choice Contingent Valuation Studies," *Land Economics*, Vol. 67, 1991, pp. 64~73.
 22. Phelps, R. H. and J. Shanteau, "Livestock Judges: How Much Information Can An Expert Use?," *Organizational Behavior and Human Performance*, Vol. 21, 1978, pp. 209~219.
 23. Streever, W. J., M. Callaghan-Perry, A. Searles, T. Stevens and P. Svoboda, "Public Attitudes and Values for Wetland Conservation in New South Wales, Australia," *Journal of Environmental Management*, 54, 1998, pp. 1~14.
 24. Stern, S., "Simulation-Based Estimation," *Journal of Economic Literature*, Vol. 35, 1997, pp. 2006~2039.

한강수질개선의 속성별 경제적 편익 — 컨조인트 분석법을 이용하여 —

조승국 · 신철오

한강은 수도 서울을 관통하면서 수도권의 자연환경과 생활환경에 중요한 기능을 담당하고 있다는 점에서 한강이 지니는 사회·경제적인 역할은 매우 크며, 지난 수십 년간 한강의 수질문제는 한국 사회의 중요한 이슈로 대두되어 왔다. 이에 따라 본 연구는 서울을 대상으로 컨조인트 분석을 이용하여 한강수질개선에 따른 속성별 경제적 편익을 측정하고자 한다. 연구결과 설문에 응한 서울시민들은 전반적으로 수질에 영향을 받는 속성들과 가격 사이의 상충관계를 잘 이해하며 응답하였고, 추정결과는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 이러한 본 연구의 결과는 한강수질의 개선문제에 대해 정량적 정보를 제공한다는 측면에서 의미가 있다.

주제어: 한강수질, 환경가치, 컨조인트 분석, 피해비용 접근법

A Conjoint Analysis to the Economic Benefits
of Improved Water Quality of Han River

Seung-Kuk Cho · Chul-Oh Shin

In recent years, the state of the water quality of Han river has been among the top public concerns. This paper measures economic value of multiple environmental impacts of improved water quality of Han river using a choice experiments approach. The choice works that take into account trade-offs between price and environmental attributes for a preferred option turned out to be within respondent' ability to reveal their preferences, and the willingness to pay estimates were statistically significant. This study allows policy-makers to provide useful quantitative information that can be referred to as a benchmark for upcoming water projects.

Keywords : Conjoint analysis, Water quality of Han river, WTP